

# Análisis del regadío II: ¿por qué se moderniza? La productividad del regadío y el ahorro de agua

S. Lecina, D. Isidoro, E. Playán, R. Aragüés

## Índice

1. Regadíos y productividad .....	2
2. Diferentes formas de determinar la productividad del regadío.....	2
3. Por qué la modernización del regadío puede incrementar la productividad.....	5
4. Consecuencias sobre la disponibilidad de agua del incremento de la productividad del regadío mediante su modernización.....	8
5. Resumen y conclusiones .....	9

**Hoja Técnica**  
**02/2010**

---



Centro de Investigación y Tecnología  
Agroalimentaria de Aragón -  
Gobierno de Aragón  
Unidad de Suelos y Riegos (asociada al CSIC)  
Avenida de Montañana 930  
50059 Zaragoza (España)  
<http://www.cita-aragon.es/>



Estación Experimental de Aula Dei -  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
Departamento de Suelo y Agua  
Apdo. Correos 13.034  
50080 Zaragoza (España)  
<http://eead.csic.es/>

El Grupo de Investigación Riego, Agronomía y Medio Ambiente está formado por el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (Gobierno de Aragón) y la Estación Experimental de Aula Dei (CSIC). En la redacción de esta Hoja Técnica ha participado Ager ingenieros, ingeniería rural y civil S.L.

## 1. Regadíos y productividad

En la anterior Hoja Técnica se expusieron una serie de conceptos básicos para analizar los efectos hidrológicos del regadío en una cuenca (disponibilidad y uso del agua). Para comprender las causas últimas que motivan estos efectos es necesario, además, conocer los objetivos que se persiguen al regar o, en su caso, al modernizar una zona regable.

**El regadío es una actividad económica que tiene como fin producir un beneficio.** Este beneficio se obtiene a partir de la utilización de una serie de medios de producción. Entre estos medios de producción destacan dos recursos naturales: agua y suelo. Su uso, además de generar un beneficio económico, **supone un consumo de agua y**, como en posteriores Hojas Técnicas se mostrará, **una degradación de su calidad.**

**Estas consecuencias del regadío tienen a su vez repercusiones sociales en el territorio.** De forma directa, al suponer el medio de vida para muchos agricultores. De forma indirecta, al generar actividad económica en otros sectores productivos relacionados (maquinaria agrícola, agroquímicos, agroindustria, etc). Estos efectos sociales indirectos también pueden ser negativos en función, por ejemplo, de cómo se realice la regulación del agua, cuánta agua se consuma o qué grado de contaminación genere el regadío.

Para comprender todas estas consecuencias del regadío es necesario conocer su productividad. **La productividad es un indicador que permite cuantificar con qué eficiencia productiva se están utilizando los medios de producción.** En esta Hoja Técnica se expone este concepto, explicando las diferentes formas de calcular su valor. Con todo ello se analizarán los objetivos que persigue el sector agrario con la inversión en modernización de regadíos, y las consecuencias que la consecución de dichos objetivos puede tener sobre la disponibilidad del agua en una cuenca.

## 2. Diferentes formas de determinar la productividad del regadío

La productividad agraria es el concepto utilizado para determinar la cantidad o el valor económico obtenido del uso de medios de producción tales como el suelo o el agua, entre otros. Dado que la disponibilidad de estos medios de producción es limitada, es

necesario obtener el máximo provecho de su uso, es decir, obtener la máxima productividad de los mismos.

Un indicador habitualmente utilizado para calcular **la productividad del suelo es la producción obtenida por unidad de superficie, en kilogramos de cosecha por hectárea, o directamente en euros por hectárea**. Respecto al agua, **la relación entre el valor de las cosechas y el volumen de agua necesario para obtenerlas se conoce como productividad del agua**.

Veamos un ejemplo para describir estas productividades. Un campo de trigo tiene un rendimiento medio de cinco toneladas por hectárea. Si el precio del trigo es de 210 euros por tonelada, el valor bruto de su producción o productividad del suelo es de 1.050 €/ha. Si para conseguir esta producción se consume un volumen de agua de riego de 2.280 m<sup>3</sup> por hectárea, la productividad del agua será de 0,46 €/m<sup>3</sup>. Sin embargo, si en vez de considerar el agua consumida se considera el agua usada, es decir, aplicada a la parcela (3.257 m<sup>3</sup>/ha en este ejemplo), la productividad del agua desciende hasta 0,32 €/m<sup>3</sup>.

¿Cuál de estos dos valores de productividad del agua debe utilizarse? Depende de la finalidad del cálculo. **Para un gestor de los recursos hídricos en una cuenca puede ser más apropiada la productividad basada en el agua consumida**, pues es el agua con la que ya no va a poder contar en adelante. Por el contrario, **para un agricultor resulta más apropiada la productividad basada en el agua usada** (detráida), pues es el agua con la que debe dimensionar sus infraestructuras, y en muchos casos es el agua por la que paga.

Asimismo, puede ser más conveniente para el agricultor determinar la productividad utilizando el valor neto de la cosecha (descontando los costes de producción), en cuyo caso la productividad sería todavía menor (y dependiente también del precio del agua como factor de producción, lo que puede ser importante). En definitiva, **la correcta interpretación de los resultados de productividad debe tener en cuenta la forma en que se ha calculado**, que a su vez viene determinada por el fin al que se destina la información obtenida.

La Tabla 1 muestra los valores medios brutos (sin descontar los costes de producción) de productividad del agua aplicada en diversas zonas regables de distintos países. Su comparación es difícil, pues los valores de productividad pueden ser muy variables de unas zonas a otras al depender de múltiples factores como el patrón de cultivos (distintos cultivos tienen diferentes precios, rendimientos y necesidades de agua),

el suelo, el clima, el año de estudio (cada año tiene diferentes condiciones meteorológicas y diferentes precios de cultivos), el nivel de tecnificación de la agricultura y el regadío, los mercados agrarios regionales (con diferentes precios), etc.

**Tabla 1.** *Valores medios de productividad bruta del agua aplicada en diferentes regiones del mundo a escala de explotación agraria.*

	Productividad \$/m <sup>3</sup>	Año	Cultivos
China (cuenca del río Amarillo)	0.15	2001-02	Extensivos
EEUU (región Oeste)	0.12	1991-92	Extensivos
Egipto (Delta del Nilo)	0.12	1993-94	Extensivos
Francia (cuenca del río Garona)	0.18	1995-96	Extensivos y frutales
México (Salvatierra)	0.12	1994-95	Extensivos
Pakistán (Chishtian)	0.04	1993-94	Extensivos
Turquía (Seyhan)	0.21	1996-97	Extensivos y frutales

**Otro aspecto de importancia a tener en cuenta es el factor escala.** Si, por ejemplo, la productividad bruta del agua consumida para producir tomate de consumo en fresco es de 3,2 €/m<sup>3</sup>, ¿qué es más conveniente producir: este tomate o el trigo del ejemplo anterior? La respuesta parece obvia, ya que la productividad del tomate es muy superior a la del trigo.

Sin embargo, ¿para qué se utiliza el trigo? Entre otras aplicaciones, el trigo se utiliza en forma de pienso para alimentar el ganado. Si consideramos un precio de 20 €/kg para la ternera de calidad extra, y que para producir un kilogramo de esta carne se han requerido 13,5 m<sup>3</sup> de agua para obtener el trigo que compone el pienso, la productividad del trigo se eleva hasta 1,5 €/m<sup>3</sup>. Probablemente, si se considerasen los valores netos del tomate y del trigo, descontando los costes de producción, en lugar de los valores brutos, la productividad del trigo podría llegar a ser superior a la del tomate.

Este ejemplo indica que **la utilización del agua en la agricultura produce un efecto cascada que hace aumentar la productividad de su uso conforme se van transformando los productos agrarios, es decir, conforme se les va agregando valor añadido.** Por tanto, la productividad del agua a escala de parcela o explotación agraria es muy diferente de su productividad a escala de zona regable, cuenca, o país (Tabla 2).

**Tabla 2.** *Productividad bruta del agua aplicada en una zona regable de un país asiático calculada en los años 2001-2002 a escala de explotación, zona regable, cuenca y país.*

	Explotación	Zona Regable	Cuenca	País
Productividad del agua, \$/m <sup>3</sup>	0,09	0,12	0,15	0,19

La modernización de regadíos pretende, entre otros objetivos, incrementar la productividad agrícola. A continuación se analiza de qué forma la mejora de las infraestructuras de riego permite incrementar la productividad de una explotación.

### **3. Por qué la modernización del regadío puede incrementar la productividad**

El sector agrario está afrontando un proceso de liberalización de mercados que está conduciendo a una disminución de las subvenciones y a una creciente incertidumbre en los precios de los productos agrarios. Asimismo, la creciente demanda de recursos hídricos está generando competencia con otros sectores. Los procesos de modernización que se están llevando a cabo en la actualidad responden a estas preocupaciones. En efecto, **la agricultura de regadío está invirtiendo en mejorar sus infraestructuras para aumentar su productividad**, es decir, conseguir un mayor beneficio de los medios de producción como el suelo o el agua utilizados para obtener las cosechas. Esta mayor productividad es un factor fundamental para lograr la sostenibilidad socio-económica de las explotaciones en el contexto actual.

Aunque un riego por gravedad bien diseñado y manejado, y sobre suelos adecuados, puede lograr un aprovechamiento del agua similar a los sistemas presurizados de aspersión o goteo, presenta otras limitaciones. Su automatización es complicada, requiere suelos con elevada capacidad de retención de agua, y no permite la aplicación de pequeñas cantidades de agua mediante riegos frecuentes, lo que le resta flexibilidad para adaptarse a las necesidades de agua de los cultivos.

A estas limitaciones propias del riego por gravedad, hay que añadir la dificultad que para la práctica del riego supone unas parcelas de reducido tamaño, como las que suelen predominar en las antiguas zonas regables de la cuenca del Ebro. Por otra parte, las redes de acequias fueron en muchos casos diseñadas hace más de 50 años para regar principalmente cultivos de invierno, por lo que presentan con frecuencia una capacidad

limitada para regar cultivos de verano, más rentables pero con mayores necesidades de agua.

Por todos estos motivos, **las actuaciones de modernización de regadíos están suponiendo mayoritariamente la adopción de sistemas de riego por aspersión y goteo**, abastecidos por redes colectivas de distribución de agua a presión que permiten el riego a la demanda. Las **implicaciones** de este cambio de infraestructuras sobre la producción son las siguientes:

- **Incremento del rendimiento de los cultivos:** esta mayor producción por unidad de superficie se debe fundamentalmente a tres factores: 1) La capacidad de aplicar pequeñas y frecuentes dosis de agua con los sistemas de aspersión y goteo, junto con la fiabilidad en el suministro de las redes de distribución (riego a la demanda), permiten satisfacer mejor las necesidades de agua de los cultivos; 2) La mejor uniformidad y eficiencia en la aplicación de agua de los sistemas presurizados contribuye igualmente a un mejor abastecimiento de agua de los cultivos; 3) Los sistemas de fertirriego en riego presurizado permiten una mejor satisfacción de las necesidades de nutrientes de los cultivos a lo largo de su ciclo vegetativo. Todo ello supone que las productividades de los cultivos regados por aspersión sean, en general, muy superiores a los regados por gravedad. La Tabla 3 presenta un ejemplo de productividades netas del suelo y del agua en varios cultivos extensivos del valle medio del Ebro regados por gravedad y por aspersión. De esta Tabla se deduce que la productividad del agua en riego por aspersión es casi el doble que la del riego por gravedad.

**Tabla 3.** *Agua aplicada, rendimiento, y productividad neta del suelo y del agua de tres cultivos extensivos regados por gravedad y por aspersión en el valle medio del Ebro. Medias correspondientes a los años 2003 y 2004.*

	Agua aplicada		Rendimiento		Productividad suelo		Productividad agua	
	Gravedad	Aspersión	Gravedad	Aspersión	Gravedad	Aspersión	Gravedad	Aspersión
	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	€ha <sup>-1</sup>	€ha <sup>-1</sup>	€m <sup>-3</sup>	€m <sup>-3</sup>
Maíz	9.000	7.500	9	12	654	950	0,073	0,127
Alfalfa	11.000	8.500	12	15	463	629	0,042	0,074
Cereal invierno	3.000	2.000	4	5	300	386	0,100	0,193

- **Mayor intensificación del patrón de cultivos:** con las antiguas redes de acequias, sólo una parte de la superficie regable puede dedicarse a la producción de cultivos de verano, dejándose el resto en abandono o dedicada a cultivos de invierno. Tras la modernización, la mayor capacidad de las redes de distribución presurizada permite incrementar la superficie de cultivos de verano más rentables, e incluso producir dos cosechas por campaña en las zonas más cálidas. Por ejemplo, en la cuenca del Ebro, las zonas con riego por gravedad presentan en torno a un 40 % de superficie regable no cultivada o en la que se producen cultivos de bajo valor como cereales de invierno, mientras que en el regadío presurizado esta superficie apenas alcanza el 20 %.
- **Disminución de la necesidad de mano de obra:** la automatización del riego mediante los programadores electrónicos y los sistemas de telecontrol permiten que una sola persona pueda gestionar fácilmente el riego de 200 ha. En los antiguos sistemas de riego por gravedad del valle medio del Ebro, únicamente puede regar aproximadamente 50 ha con cultivos de verano. La modernización del regadío, en muchos casos realizada junto con procesos de concentración parcelaria, supone un incremento de la productividad de las explotaciones y unas mejores condiciones de trabajo para el agricultor, lo que hace más atractiva la actividad agraria a los jóvenes y permite reducir el impacto de la escasez de mano de obra.

Aunque los sistemas presurizados presentan unos mayores costes de energía y mantenimiento, la mayor productividad neta por hectárea (Tabla 3) permite generalmente obtener una mayor rentabilidad, mientras que una mayor productividad del agua protege los ingresos de las explotaciones en campañas con restricciones de agua. Esta mayor productividad de los sistemas presurizados se mantiene incluso a pesar de los incrementos de costes que se han producido durante las últimas campañas. La Tabla 4 muestra las productividades netas por cultivo y tipo de riego de la Tabla 3 actualizadas a precios medios de 2009, considerando los mismos volúmenes de riego y rendimientos. A pesar de un incremento medio del 33 % de los precios de la energía y de entre el 50 % y el 100 % en el de los fertilizantes, así como del descenso de las subvenciones, los sistemas presurizados siguen teniendo unas productividades superiores a las de los sistemas de gravedad. Sin embargo, su rentabilidad ha descendido drásticamente, salvo en el cultivo de alfalfa. Este hecho pone de manifiesto que la modernización del regadío, aunque necesaria, puede no resultar suficiente para asegurar la sostenibilidad económica de las explotaciones. Aumentar el tamaño de las mismas, optimizar su estructura productiva e incrementar la capacidad de gestión técnica y empresarial de los agricultores

son algunas de las condiciones que también resultan necesarias para lograr dicha sostenibilidad.

**Tabla 4.** *Agua aplicada, rendimiento, y productividad neta del suelo y del agua de tres cultivos extensivos regados por gravedad y por aspersión en el valle medio del Ebro. Precios correspondientes al año 2009.*

	Agua aplicada		Rendimiento		Productividad suelo		Productividad agua	
	Gravedad	Aspersión	Gravedad	Aspersión	Gravedad	Aspersión	Gravedad	Aspersión
	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	€ha <sup>-1</sup>	€ha <sup>-1</sup>	€m <sup>-3</sup>	€m <sup>-3</sup>
Maíz	9.000	7.500	9	12	143	403	0,016	0,054
Alfalfa	11.000	8.500	12	15	565	683	0,051	0,080
Cereal invierno	3.000	2.000	4	5	152	236	0,051	0,118

Estas consecuencias económicas de la modernización no van a ser las únicas. El cambio que en el balance de agua de las zonas regables provoca la transformación del riego por gravedad en presurizado también va a tener implicaciones hidrológicas y medioambientales.

#### 4. Consecuencias sobre la disponibilidad de agua del incremento de la productividad del regadío mediante su modernización

La modernización del regadío realizada con el fin de incrementar su productividad supone un cambio en el modo de usar el agua que afecta a la hidrología de una cuenca. Distinguiendo entre los diferentes destinos del agua descritos en la Hoja Técnica 01/2010, las consecuencias hidrológicas de la modernización serían de forma genérica las siguientes:

- **Evapotranspiración productiva.** El incremento del rendimiento de los cultivos supone un **incremento** de su evapotranspiración. Esto es debido a que, en general, existe una relación directa y lineal entre la evapotranspiración de los cultivos (ET) y su rendimiento, es decir, a mayor rendimiento, mayor evapotranspiración. Paralelamente, la intensificación del patrón de cultivos de verano implica un aumento de la ET, pues estos cultivos tienen unas mayores necesidades de agua que los cultivos de invierno. Este incremento en el agua consumida todavía será mayor en los casos en los que se



pongan en producción tierras de regadío que se encontraban en abandono antes de la modernización.

- **Evapotranspiración no productiva.** En general, la conversión de una red de acequias en una red de tuberías reduce las filtraciones, y con ello las oportunidades de que la vegetación natural se aproveche de las aguas con destino a riego. Igualmente, la eliminación de los márgenes de tierra entre los tablares del riego por gravedad también contribuye a reducir la evapotranspiración de plantas no productivas. Estos volúmenes de agua suelen ser pequeños en relación al consumo total. Sin embargo, **en los casos en los que la modernización supone la implantación de un sistema de riego por aspersión, esta evapotranspiración no productiva puede incrementarse considerablemente** debido a la evaporación y arrastre por el viento fuera de las parcelas de una parte del agua emitida por los aspersores. Las condiciones ventosas del valle medio del Ebro provocan que esta evaporación y arrastre de agua pueda suponer entre un 8 y un 20 % del agua de riego aplicada.
- **Escurrimiento/percolación recuperable.** El mejor ajuste de la programación del riego a las necesidades de los cultivos en los sistemas presurizados, y su mayor uniformidad, permiten incrementar la eficiencia de riego en parcela. Esta mejora de la eficiencia supone una **disminución de la escurrimiento/percolación tras la modernización**, especialmente importante en aquellas zonas en las que los suelos presentan tasas de infiltración elevadas y escasa capacidad de retención de agua (por ejemplo, los suelos de saso).

Estos cambios en los componentes del balance de agua de riego suponen un incremento de la fracción de evapotranspiración (respecto al total de agua aplicada), y una disminución de la fracción de escurrimiento/percolación. En aquellas cuencas, como la del Ebro, donde los retornos de riego son mayoritariamente reutilizables, **estos cambios implican un incremento del consumo del agua, y por tanto, una disminución de su disponibilidad en la cuenca.**

## 5. Resumen y conclusiones

1. **La productividad agraria es un indicador que permite cuantificar con qué eficiencia productiva se están utilizando medios de producción tales como el suelo o el agua.** Ambos relacionan la cantidad o el valor económico obtenido con la superficie o el volumen de agua usado o consumido. Estos indicadores pueden

determinarse a diferentes escalas considerando, además del valor de la cosecha en parcela, el valor añadido de su transformación posterior.

2. **Uno de los principales objetivos de la inversión en modernización es el incremento de la productividad agraria.** Una mayor productividad por unidad de superficie incrementa el beneficio de las explotaciones. Una mayor productividad por unidad de volumen de agua usada protege sus ingresos en épocas de escasez de agua. La sociedad también se beneficiará de este incremento de productividad debido al efecto cascada que tendrá sobre el resto de actividades económicas relacionadas con la agricultura.
3. El incremento de la productividad se debe a la mejora en la calidad de la distribución y aplicación de agua que suponen las nuevas infraestructuras de riego presurizado (aspersión y goteo). Como consecuencia de ello, **el rendimiento de los cultivos se incrementará, y los patrones de cultivos de verano podrán intensificarse.**
4. **Este incremento de productividad asociado al cambio en el modo de usar el agua modificará el balance de agua** previo a la modernización, incrementando la fracción de evapotranspiración y disminuyendo la fracción de escorrentía/percolación respecto al volumen total de agua usado. En cuencas como la del Ebro, donde los retornos de riego son mayoritariamente reutilizables, **estos efectos supondrán un incremento del consumo de agua** y, por tanto, una disminución de su disponibilidad.
5. **La magnitud del incremento de la productividad, y por tanto, del incremento del consumo de agua, dependerá de la adecuada gestión de las nuevas infraestructuras de riego.** Factores como la evolución de los precios agrarios y de la energía, entre otros, también influirán en este sentido.